

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

Tesi di laurea in

IDRAULICA

**RISOLUZIONI DI PROBLEMI IDRAULICI TRAMITE IL
TRACCIAMENTO DI PROFILI DI CORRENTE**

Relatore:

Candidato

Ch. mo Prof.

Sigismondo Di Marino

Massimo Greco

Matricola 518/411

Anno Accademico 2012/2013

1.PREMESSA

Ogni intervento di manutenzione o di messa in sicurezza di un corso d'acqua richiede preliminarmente lo studio del suo profilo di corrente, in quanto livelli idrici troppo bassi danno luogo ad acque stagnanti, livelli troppo alti possono dar luogo ad esondazioni. Con riferimento a questa generale problematica ho focalizzato la mia attenzione sullo studio di una serie di problemi connessi alla presenza di un ostacolo in una corrente lenta accelerata ovvero ritardata in alveo a debole pendenza, ed in particolare di andare ad indagare come l'effetto indotto dalla singolarità si smorza all'aumentare della distanza dalla stessa, tendendo verso quella ideale condizione di moto uniforme.

Il moto uniforme, nella sua concezione di perfetta uniformità, è nella realtà raramente verificabile, è impensabile poter trovare il moto uniforme in una corrente a pelo libero defluente in un alveo naturale, poiché una qualsiasi singolarità in una qualsiasi sezione del tratto porterebbe a variazioni di livello liquido, più o meno rilevanti, ma comunque presenti. Una tipologia di deflusso a pelo libero molto più frequente in natura è il moto detto permanente (o stazionario) e gradualmente variato, in cui gli elementi del moto (sezione, portata e velocità) sono indipendenti dal tempo ma variano da sezione a sezione, e inoltre lungo le verticali le pressioni seguono la legge idrostatica.

2.FUNZIONAMENTO DEL PROGRAMMA DI CALCOLO

Allo scopo di conoscere quindi come varia l'altezza idrica h al variare dell'ascissa s ho improntato un'applicazione che mi consente di ricavare il profilo di moto permanente per ogni tipo di corrente.

Prima di entrare nel merito del programma di calcolo da me approntato riporto di seguito l'equazione differenziale del profilo di corrente ricavata sotto le specifiche ipotesi di:

-Moto permanente

-Piccola pendenza

-Corrente Lineare

- Q costante

-Alveo cilindrico

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i-j}{\frac{dH}{dh}} = \frac{i-j}{1-Fr^2} \quad (1)$$

Dove:

i è la pendenza dell'alveo

j è la perdita di carico per unità di percorso calcolata con la formula di Gauckler Strickler

$$Fr^2 = \left[\frac{V}{\sqrt{gh_m}} \right] \text{ (numero di Froude)}$$

Il primo passo che il foglio elettronico effettua è quello di stabilire se l'alveo è a forte o debole pendenza andando a confrontare i valori di h_u e h_c così calcolati:

Per il calcolo del tirante idrico di moto uniforme h_u uso la relazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_s \sigma R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

Dove:

- Q è la portata $\left[\frac{m^3}{s} \right]$
- K_s è il coefficiente di scabrezza di Strickler $\left[\frac{m^{\frac{1}{3}}}{s} \right]$, dipendente dalla natura del materiale che costituisce l'alveo;
- σ è sezione idrica, pari a $b \cdot h$ per un canale rettangolare quali quelli da me considerati;
- R è il raggio idraulico $[m]$ definito come rapporto tra sezione idrica e il perimetro bagnato;
- i è la pendenza del fondo $\left[\frac{m}{m} \right]$;

Con l'aiuto del programma di calcolo, ed in particolare della funzione "ricerca obiettivo" trovo il valore di h_u corrispondente alla portata Q assegnata dalla traccia

➤ Calcolo del valore del tirante idrico di stato critico h_c .

L'altezza di stato critica h_c (ossia l'altezza per cui risulta minima l'energica specifica H rispetto al fondo dell'alveo).

è quella che rende nullo il denominatore dell'equazione differenziale del profilo di corrente :

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - j}{1 - Fr^2}$$

cioè quel valore che rende $Fr^2 = 1$.

j è la perdita di carico per unità di percorso, o forza resistente per unità di peso. Essa verrà

calcolata ancora con la formula di Gauckler Strickler riscritta in questa forma: $j = \frac{Q^2}{K^2 R^{\frac{4}{3}} \sigma^2}$

i_f è la pendenza del fondo $\left[\frac{m}{m} \right]$;

$$Fr = \left[\frac{V}{\sqrt{gh_m}} \right]$$

Con l'ausilio della formula per ricavare il valore di Fr^2 , ricaviamo il valore di h_c per una sezione rettangolare:

$$Fr^2 = \frac{Q^2 b}{\sigma^3 g} = \frac{Q^2}{b^2 g h^3} = 1$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} \quad (3)$$

A questo punto il foglio elettronico confronta i due valori ottenuti per stabilire se l'alveo in esame è a forte o debole pendenza, in particolare se :

$h_c < h_u$: Alveo a debole pendenza

$h_c > h_u$: Alveo a forte pendenza

Dopodiché confronta il valore di h_0 , tirante idrico nella sezione in cui c'è lo stramazzo, con h_c . Se:

$h_0 > h_c$: Corrente lenta

$h_0 < h_c$: Corrente veloce

Per completare la classificazione della corrente, il foglio elettronico valuta se il rapporto $\frac{dh}{ds} = \frac{i-j}{dh}$

è positivo o negativo. Se:

$\frac{dh}{ds} > 0$: Corrente ritardata

$\frac{dh}{ds} < 0$: Corrente accelerata

Nei riguardi pratici la condizione al contorno per la risoluzione della (1), e quindi il punto di partenza per il materiale tracciamento del profilo stesso, va ricercata all'estremo a valle, se la corrente è lenta, all'estremo a monte, se la corrente è veloce. In questa sezione estrema dovrà dunque ritenersi nota l'altezza h_0 determinata dalla singolarità. Nel foglio di calcolo da me approntato

questa singolarità è stata assunta rappresentata da uno stramazzo. A partire da tale valore di altezza si è proceduto, spostandoci verso monte se la corrente è lenta ovvero verso valle se veloce, alla determinazione dei corrispondenti valori dei tiranti idrici. Per il calcolo degli $h(s)$ si è utilizzato il metodo delle differenze finite per la risoluzione numerica della seguente equazione differenziale, con un'accuratezza del I ordine:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i - j}{1 - Fr^2}$$

Siccome tale metodo si presta molto bene ad essere rappresentato sotto forma di tabella; ho implementato questa procedura su Excel ottenendo per esempio per una corrente veloce ritardata in alveo a debole pendenza i seguenti risultati:

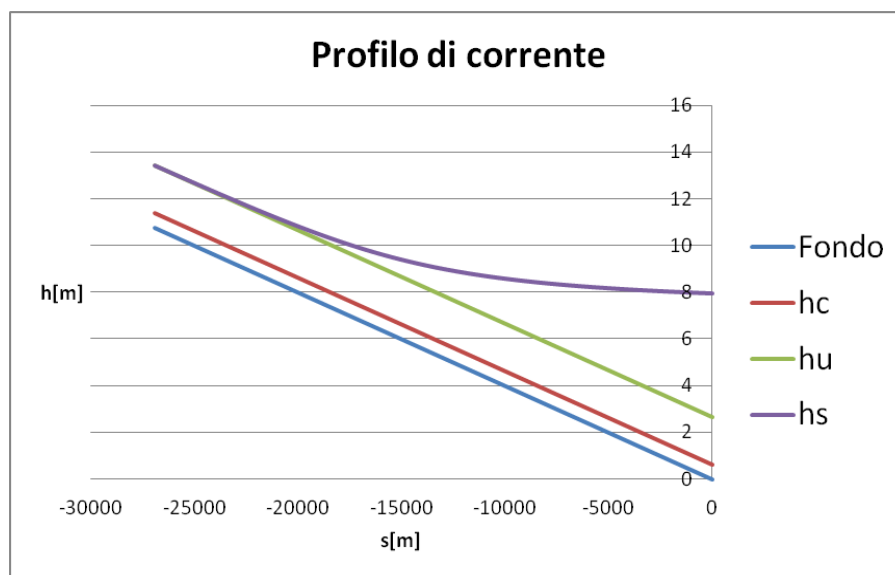


FIG. 1 (Profilo di corrente lenta ritardata in alveo a debole pendenza)

Il programma da me approntato consente di ricavare il profilo di moto permanente per ogni tipo corrente. Nelle applicazioni seguenti faremo riferimento solo a correnti lente in alveo a debole pendenza.

UTILIZZO DEL PROGRAMMA DI CALCOLO AD UN PROBLEMA CONCRETO

Per applicare tutto quanto esposto, ed in particolare la struttura del foglio elettronico da me compilato, a dei problemi concreti, mi è stato assegnato il seguente esercizio:

1) Assumendo a valle di una corrente lenta ritardata in alveo a debole pendenza un valore di tirante idrico $h_0 = (x+1)h_u$ determinare a che distanza a monte si ha che $h_x = \left(\frac{x}{3} + 1\right)h_u$, dando alla x dei valori compresi tra 2 e 0,5. Determinare poi per la stessa corrente a che distanza a monte si ha che $h_x = h_u + 0,05m$

2) Assumendo a valle di una corrente lenta accelerata in alveo a debole pendenza un valore di $h_0 = h_c + \frac{x}{2}(h_u - h_c)$ determinare a che distanza a monte si ha che $h_x = h_u - (1-x)(h_u - h_c)$, dando alla x dei valori compresi tra 0,3 e 0,8.

Per effettuare questa applicazione sono stati preventivamente calcolati i valori di h_0 e h_x assegnando diversi valori alla x. Al variare del valore attribuito alla x cambia sia h_0 che h_x e per ognuno di tali valori sono stati tracciati i profili di corrente e determinate le distanze da monte in corrispondenza delle quali si verificano le altezze idriche h_x , calcolate in precedenza, richieste dal problema.

Andando a riportare su un nuovo grafico rispettivamente sull'asse delle ascisse i valori della x e su quello delle ordinate la distanza da monte [m] alla quale si verifica l'altezza idrica h_x richiesta dal problema, otteniamo il seguente risultato:

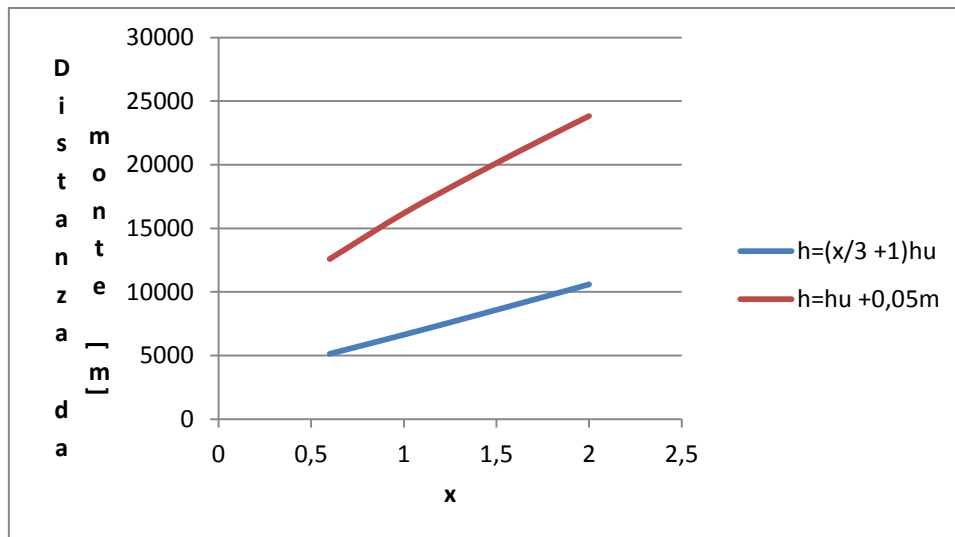


Fig. 8 (Legge di variazione tra la distanza da monte in corrispondenza della quale si ha l'altezza idrica assegnata dal problema e la x per una corrente lenta ritardata in alveo a debole pendenza).

Per quanto riguarda la curva in blu nel grafico in figura si osserva che la distanza a monte in corrispondenza della quale si verifica l'altezza idrica richiesta dal problema varia quasi linearmente al variare della x . In altre parole al variare di h_0 e h_x (funzioni di x) tale distanza varia linearmente. Questo risultato si può giustificare teoricamente col fatto che le altezze idriche, ottenute al variare della x tra 2 e 0,8, risiedono nella zona in cui la curvatura dei profili di corrente sopra esposti è molto modesta; il profilo di corrente infatti risulta praticamente quasi rettilineo.

Per quanto riguarda invece la condizione $h_x = h_u + 0,05m$, rappresentata dalla curva in rosso, è appena registrabile una leggera curvatura.

Corrente lenta accelerata in alveo a debole pendenza

Andando a riportare sull'asse delle ascisse i valori della x e su quello delle ordinate la distanza da monte[m] alla quale si verifica l'altezza idrica richiesta dal problema, otteniamo il seguente grafico:

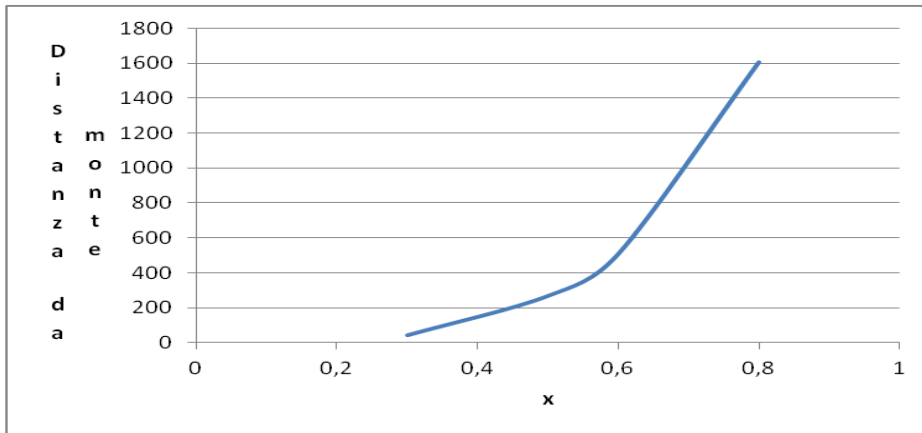


Fig. 14 (Legge di variazione tra la distanza da monte in corrispondenza della quale si ha l'altezza idrica assegnata dal problema e la x per una corrente lenta accelerata in alveo a debole pendenza).

Si può notare come in questo caso sia più pronunciata una certa curvatura corrispondente al fatto che nella zona di valle le curvature dei profili di corrente sono apprezzabili in quanto più vicini allo stato critico.

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti hanno mostrato che per le correnti lente ritardate sembrerebbe esserci una quasi sostanziale corrispondenza lineare tra l'ascissa a cui si verifica l'altezza idrica richiesta e la x , laddove invece questa è più accentuatamente non lineare per le correnti accelerate.

In ogni caso, l'uso degli strumenti da me predisposti hanno reso immediata la risoluzione di questo tipo di problema.